

На седници Научног већа Института за физику одржаној 28.10.2014. године именовани смо у комисију за избор др Станка Николића у звање **научни сарадник**. Пошто смо прегледали одговарајући материјал и досадашње објављене резултате, а и лично упознали кандидата кроз стручну и научну сарадњу, подносимо Научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци

Станко Николић је рођен 21. априла 1982. године у Београду. Основну школу је похађао у Београду. Математичку гимназију је завршио у Београду 2001. године. Дипломирао је 2007. године на Физичком факултету Универзитета у Београду на смеру Теоријска и експериментална физика одбранивши дипломски рад *“Примена акусто-оптичког модулятора за амплитудну модулацију и прекидање ласерског снопа у видљивој и инфрацрвеној области”* са просечном оценом 9.74 током студија. Једногодишње мастер студије кандидат је завршио 2008. године и потом је уписао докторске студије на смеру Физика јонизованих гасова, плазме и квантна оптика на истом факултету. Од августа 2007. године, кандидат је запослен на Институту за физику у Београду као истраживач приправник. У новембру 2010. године је изабран у звање истраживач сарадник. Од септембра 2009. године до краја фебруара 2010. године кандидат је боравио на Масачусетском институту за технологију (Massachusetts Institute of Technology – MIT) у Сједињеним Америчким Државама као гостујући студент.

Тренутно је у звању истраживач сарадник и ангажован је на пројектима III 45016 “Продукција и карактеризација нано-фотоничних функционалних структура у био-медицини и информатици” и ОИ 171038 “Холографски методи за генерисање специфичних таласних фронтана за ефикасну контролу квантних кохерентних ефеката у интеракцији атома и ласера” на проучавању ефеката у квантној оптици и кохерентној ласерској спектроскопији. Кандидат је ангажован на истраживању феномена електромагнетно индиковане транспаренције, споре и меморисане светлости. Поред поменутих пројеката Станко Николић је ангажован на међународном SCOPES пројекту са групом из Швајцарске која се бави проучавањем атомских сатова.

Станко Николић је остварио научну сарадњу са Каролинском институтом у Шведској где учествује у истраживањима на пољу флуоресцентне корелационе спектроскопије. Поред ангажмана на научним пројектима, кандидат ради као професор физике у Математичкој гимназији у Београду, од септембра 2012. године.

Дана 7. октобра 2014. године, Станко Николић је одбранио докторску дисертацију под називом: *“Електромагнетно индикована транспаренција и успоравање светлосних импулса у рубидијумској ћелији са бафер гасом”* (“*Electromagnetically induced transparency and slow light in rubidium buffer gas cell*”) на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Станко Николић је аутор 11 радова објављених у међународним часописима, од којих је 5 објављено у врхунским и 4 у истакнутим међународним часописима, као и бројних саопштења на домаћим и међународним конференцијама.

2. Преглед постигнутих научних резултата

Научно-истраживачки рад др Станка Николића је у области експерименталне квантне оптике, као и примене рачунара и дигиталних микро електронских кола (заснованих на низу програмабилних логичких кола) за контролу физичких експеримената. За време докторских студија у Београду (2008-2014) кандидат се бавио проучавањем кохерентних ефеката електромагнетно индуковане транспаренције (ЕИТ), успоравања и меморисања светлосних импулса у рубидијумским ћелијама са бафер гасом и без бафер гаса. Докторску дисертацију је успешно одбранио под руководством др Бранислава Јеленковића у Центру за фотонику Института за физику у Београду. Научне активности др Станка Николића су следеће:

2.1. Проучавање електромагнетно индуковане транспаренције у рубидијумској вакуумској ћелији:

Прве научне активности др Станка Николића су биле везане за проучавање ЕИТ феномена у вакуумској рубидијумској ћелији. Ова истраживања су важна за разумевање фундаменталних квантно-механичких особина атомских система које се огледају у настајању суперпозиције два магнетна (Земанова) поднивоа основног хиперфиног стања атома рубидијума (^{87}Rb) приликом интеракције атома са једним ласерским снопом одређене фреквенције, поларизације, снаге и радијалне расподеле интензитета зрачења (профила снопа). Поменута суперпозиција се одликује деструктивном интерференцијом вероватноћа прелаза са два основна атомска поднивоа на побуђени атомски ниво, услед чега долази до немогућности апсорпције резонантног ласерског зрачења и одсуства флуоресценције. Ово специфично квантно-механичко стање се назива *тамно стање* пошто атоми не могу да флуоресцирају ласерску светлост. На тај начин се у врло узаном фреквентном опсегу око резонантне учестаности добија приметно повећање трансмисије резонантног ласерског зрачења, које се означава као ЕИТ резонанца. Експериментални циљ је добијање што израженијих и ужих ЕИТ резонанци за бројне примене, као што су реализација веома прецизних магнетометара и стандарда учестаности. У том циљу, у публикацијама [A1], [A3], [A5] са приложене листе радова, изучавани су механизми сужавања и промена облика ЕИТ линија у вакуумској Rb ћелији када се резонанце снимају целим снопом или само у одређеним деловима попречног пресека снопа. Испитиван је и утицај профила, пречника и интензитета ласерског снопа на амплитуде и ширине ЕИТ резонанци. На овај начин су утврђени кохерентни и некохерентни процеси који утичу на формирање ЕИТ резонанци у вакуумским ћелијама. Под сличним експерименталним условима, проучавана је и електромагнетно индукована апсорпција (ЕИА), а резултати ових истраживања су објављени у раду [A2].

2.2. Проучавање електромагнетно индуковане транспаренције у рубидијумској ћелији са бафер гасом (стационарни случај и временски развој):

У циљу добијања још ужих ЕИТ резонанци и дужег времена живота тамног стања, др Станко Николић је отпочео истраживања ЕИТ феномена у рубидијумским ћелијама са бафер гасом. У сударима са атомима бафер гаса, атоми Rb се дуже задржавају у снопу и притом не долази до разарања атомских кохеренција. На тај начин се добијају резонанце које су за ред величине уже него у вакуумским ћелијама. Са друге стране, отвара се могућност ефикасног успоравања светлосних импулса, односно постизања споре светлости. У питању је ефекат који проистиче из ЕИТ феномена, а огледа се у слободном простирању резонантних ласерских импулса кроз загрејану атомску пару групном брзином која је неколико редова величине мања

од брзине светлости у вакууму, услед велике дисперзије индекса преламања око атомског прелаза. Уколико се брзо прекине целокупан ласерски сноп током простирања спорог импулса кроз ћелију, могуће је уписати информације о стању импулса у Rb атоме у облику сложене атом-фотон ексцитације означене као поларитон тамног стања. Након неког времена, ласерски сноп се поново укључује, након чега "заробљени" импулс напушта ћелију. Последњи ефекат је у литератури познат као меморисање светлости у атомској пари.

Испитивање три кохерентна ефекта у бафер гас ћелијама, започето је у радовима [А4] и [Б3]. Циљ је било утврђивање на који начин профил, пречник и интензитет ласерског снопа, као и густина Rb атома утичу на облик линија, амплитуда и ширина ЕИТ резонанци. Утврђено је да се најизраженије резонанце добијају када је густина атома максимална (у границама експерименталних могућности). Показано је да је Ремзијево сужавање линија услед дифузије атома из ласерског снопа у таман простор и потом назад у сноп доминантан механизам сужавања ЕИТ резонанци чији облици притом одступају од фундаменталног облика Лоренцијана. У случају широког гаусовског снопа и слабог ласерског интензитета добијене су лоренцовске ЕИТ линије, док повећањем оптичке снаге ЕИТ криве одступају од облика Лоренцијана услед различитих доприноса атома у централним деловима снопа и на његовим ободима. Доказана су теоријска разматрања по којима се за широки П ласерски профил увек добијају ЕИТ резонанце облика Лоренцијана, независно од ласерског интензитета. У овом раду је предложена и једноставна експериментална шема за додатно сужавање ЕИТ линија постављањем маске након проласка снопа кроз ћелију која блокира централне делове снопа и омогућава мерење само његових ободних делова.

Утврђивањем особина ЕИТ резонанци у случају константне снаге и поларизације ласерског снопа, прешло се на истраживања временског развоја ЕИТ резонанци током простирања два временски раздвојена импулса елиптичне поларизације кроз Rb пару. Утврђено је да импулси са мањим процентом σ^- компоненте у односу на σ^+ компоненту припремају тамна стања која потом утичу на простирање самих импулса. У Ремзијевој поставци, први (препарациони) импулс припрема тамна стања. Потом следи тзв. тамни период током којег је светлост ласера угашена и тамна стања могу слободно да еволуирају у мраку. На крају, ласерски сноп се поново укључује и други (пробни) импулс може да "проба" кохеренције. Као резултат поновљене интеракције атома и поларизационих импулса, под одређеним условима се добијају Ремзијеви интерференциони минимуми и максимуми како на сигналу трансмисије σ^- светлости, тако и на реконструисаним ЕИТ резонанцама током простирања пробног импулса. Резултати су сумирану у раду [Б4], а даља истраживања су тренутно у току.

2.3. Проучавање споре светлости и меморисања светлосних импулса у рубидијумској ћелији са бафер гасом:

На основу претходних резултата, др Станко Николић је приступио проучавању успоравања и меморисања гаусовских σ^- ласерских импулса у Rb ћелији са бафер гасом. Испитивани су утицај ласерског интензитета и дужине трајања импулса на групну брзину и релативно кашњење спорог импулса који се креће кроз ћелију у односу на референтни импулс који се простире кроз ваздух. Утврђено је да се најмања групна брзина постиже за мале ласерске интензитета и дуже ласерске импулсе. Ово је објашњено чињеницом да при малим снагама снопа долази до сужавања ЕИТ линија и дисперзије индекса преламања око атомског прелаза. Такође, што је импулс дужи, његова фреквентна ширина је мања па се више Фуријеових компоненти налази у уском ЕИТ опсегу. Минимална групна брзина је добијена за импулс дужине трајања 400 μ s и износи око 2 km/s. У овој поставци реализовано је и

меморисање гаусовских σ^- импулса у Rb пари, али са малом меморијском ефикасношћу од неколико процената. Из тог разлога, анализирана је друга поставка за успоравање и меморисање светлости у Rb ћелији где гаусовском импулсу претходи препаративни П импулс исте поларизације праћен тамним периодом. Добијени резултати указују на повећану групну брзину импулса због ширења ЕИТ линија услед пораста оптичке снаге, али уједно и на већу меморијску ефикасност. Резултати ових истраживања су изложени у публикацијама [Б1] и [Б2] и могу бити од користи у евентуалним применама ових ефеката у телекомуникацијама и квантној информатици.

Временски разложени кохерентни ефекти, описани у претходном тексту, захтевају могућност ефикасне контроле улазних и анализе излазних експерименталних сигнала, као и брзу обраду података. У том циљу, развијен је електронски уређај заснован на низу програмабилних логичких кола који се састоји од кола са аналогном и дигиталном електроником. Развијен је и C++ софтвер за контролу уређаја у графичком окружењу у *Windows* оперативном систему. Детаљан опис уређаја је приказан у научном раду [Б2] из приложеног списка.

2.4. Списак одабраних радова др Станка Николића на које се позива у тачкама 2.1, 2.2. и 2.3. овог извештаја (сортирани по датуму објављивања):

[A1] A. J. Krmpot, S. M. Ćuk, **S. N. Nikolić**, M. Radonjić, D. G. Slavov, and B. M. Jelenković, “*Dark Hanle resonances from selected segments of the Gaussian laser beam cross-section*”, *Optics Express* **17**, issue 25, pp. 22491-22498 (2009).

[A2] S. M. Ćuk, M. Radonjić, A. J. Krmpot, **S. N. Nikolić**, Z. D. Grujić, and B. M. Jelenković “*Influence of laser beam profile on electromagnetically induced absorption*”, *Phys. Rev. A* **82**, 063802 (2010) .

[A3] A. J. Krmpot, M. Radonjić, S. M. Ćuk, **S. N. Nikolić**, Z. D. Grujić, B. M. Jelenković, “*Evolution of dark state of an open atomic system in constant intensity laser field*”, *Phys. Rev. A* **84**, 043844 (2011).

[A4] **S. N. Nikolić**, M. Radonjić, A. J. Krmpot, N. M. Lučić, B. V. Zlatković, and B. M. Jelenković, “*Effects of laser beam profile on Zeeman electromagnetically induced transparency in Rb buffer gas cell*”, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **46**, 075501 (2013).

[A5] S. M. Ćuk, A. J. Krmpot, M. Radonjić, **S. N. Nikolić**, and B. M. Jelenković, “*Influence of a laser beam radial intensity distribution on Zeeman electromagnetically induced transparency line-shapes in the vacuum Rb cell*”, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **46** 175501 (2013).

[Б1] **S. N. Nikolić**, V. Djokić, N. M. Lučić, A. J. Krmpot, S. M. Ćuk, M. Radonjić, and B. M. Jelenković, “*The connection between electromagnetically induced transparency in the Zeeman configuration and slow light in hot rubidium vapor*”, *Phys. Scr.* **T149**, 014009 (2012).

[Б2] **Stanko N. Nikolić**, Viktor Batić, Bratimir Panić, and Branislav M. Jelenković, “*Field programmable gate array based arbitrary signal generator and oscilloscope for use in slow light and storage of light experiments*”, *Rev. Sci. Instrum.* **84**, 063108 (2013).

[Б3] S. N. Nikolić, A. J. Krmpot, N. M. Lučić, B. V. Zlatković, M. Radonjić, and B. M. Jelenković, "Effects of laser beam diameter on electromagnetically induced transparency due to Zeeman coherences in Rb vapor", Phys. Scr. **T157**, 014019 (2013).

[Б4] S. N. Nikolić, M. Radonjić, N. M. Lučić, A. J. Krmpot, and B. M. Jelenković, "Optical Ramsey fringes observed during temporal evolution of Zeeman coherences in Rb buffer gas cell", Phys. Scr. **T162**, 014038 (2014).

3. Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

3.1. Ангажованост у развоју услова за научни рад, образовању и формирању научних кадрова

3.1.1. Допринос развоју науке у земљи

Др Станко Николић је дао значајан допринос развоју научно-истраживачких тема које су предмет рада у Центру за фотонику Института за физику. Кандидат је учествовао у постављању експеримента за мерење електромагнетно индуковане транспаренције у вакуумској рубидијумској ћелији. Такође, кандидат је додатно унапредио експеримент у циљу проучавања временски разложених кохерентних ефеката успоравања и меморисања светлосних импулса у рубидијумској ћелији са бафер гасом. Његов научни допринос лежи и у аутоматизацији мерног процеса програмирањем *LabView* апликације и израдом сопствених програма за контролу, аквизицију и анализу експерименталних сигнала. На тај начин, добијени су и објашњени први сигнали споре и меморисане светлости у нашој земљи. Целокупан научни рад др Станка Николића у области квантне оптике допринео је бољем разумевању релевантних кохерентних ефеката у вакуумским рубидијумским ћелијама и рубидијумским ћелијама са бафер гасом.

3.1.2. Ангажованост у реализацији високошколског образовања

Др Станко Николић је почев од 2010. године у Центру за фотонику руководио студентским праксама из области квантне оптике за студенте Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

3.1.3. Ангажованост у реализацији средњошколског образовања (педагошки рад)

Др Станко Николић од школске 2012/2013. године ради као професор физике у Математичкој гимназији у Београду. Поред редовних предавања и израде рачунских задатака, кандидат је руководио и израдом пет матурских радова.

3.1.4. Међународна сарадња

Кандидат је учествовао или учествује у следећим међународним пројектима:

- „*Ramsey spectroscopy in rubidium vapour cells and application to atomic clocks*“, *SCOPES* пројекат Швајцарске националне фондације за науку, период 2013-2016.
- „*Modern optics and spectroscopy: from research to education*“, *SCOPES* пројекат Швајцарске националне фондације за науку, број JRP IZ7370_127942, период 2009-2012.

Студијске посете иностраним научним институцијама:

- Двомесечна посета (у више одлазака) Центру за молекуларну медицину при Каролинска институту у Стокхолму, Шведска. У питању су истраживања на пољу флуоресцентне мултифокалне корелационе спектроскопије за испитивање биолошких узорака. Сарадња која је у току, започета је 2013. године.
- Десетодневна посета Лабораторији за време/фреквенцију при Институту за физику у Нојшателу, Швајцарска. У питању су истраживања на пољу примене ефекта кохерентног заробљавања насељености за реализацију прецизних атомских сатова и еталона учестаности.
- Шестомесечна посета Масачусетском институту за технологију у Сједињеним Америчким Државама током 2009/2010. године. Кандидат је у престижном научном центру боравио као гостујући студент и учествовао у текућим истраживањима на пољу квантно-оптичких феномена у ласерски охлађеним атомима.

3.2. Квалитет научних резултата и цитираност

Кандидат је у свом научном раду објавио укупно **11 радова** у међународним часописима са ISI листе, од чега **5 категорије M21** (врхунски међународни часописи), **4 категорије M22** (истакнути међународни часописи), **1 категорије M23** (међународни часописи) и **1 категорије M33** (саопштења са међународних скупова штампана у целини).

3.2.1. Утицајност

Према подацима из базе података *Web of Science* на дан 24.10.2014. године, радови др Станка Николића су цитирани укупно 4 пута у међународним часописима (не укључујући самоцитате).

3.2.2. Параметри квалитета часописа

У категорији M21 кандидат је објавио радове у следећим часописима:

1 рад у *Optics Express* (ИФ=3.880)

2 рада у *Physical Review A* (ИФ=3.042)

2 рада у *Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics* (ИФ=2.031)

У категорији M22 кандидат је објавио радове у следећим часописима:

3 рада у *Physica Scripta* (ИФ=1.296)

1 рад у *Review of Scientific Instruments* (ИФ=1.602)

У категорији M23 кандидат је објавио:

1 рад у *Acta Physica Polonica A* (ИФ=0.467)

Укупан импакт фактор радова кандидата у горњим часописима категорија M21, M22 и M23 је **19.983**.

3.2.3. Ефективни број радова и број радова нормиран у односу на број коаутора

Сви радови кандидата су са пуном тежином у односу на број коаутора.

3.2.4. Допринос кандидата реализацији коауторских радова

- Радови [А4, Б1, Б2, Б3 и Б4] су проистекли из рада на докторској тези кандидата. У овим радовима др Станко Николић је првопотписани аутор.

4. Испуњеност квантитативних услова за стицање звања научни сарадник

Др Станко Николић испуњава све услове за стицање звања научни сарадник. По класификацији коју је прописало Министарство просвете, науке и технолошког развоја кандидат има 77.5 поена - пет М21 радова (40 бодова), четири М22 рада (20 бодова), један М23 рад (3 бода), један М33 рад (1 бод), једанаест М34 радова (5.5 бодова), један М62 рад (1 бод), пет М64 радова (1 бод) и одбраћену докторску дисертацију (М71 – 6 бодова). Испуњеност квантитативних услова је приказана у следећој табели (остварени резултати у периоду пре избора):

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова
М21	8	5	40
М22	5	4	20
М23	3	1	3
М33	1	1	1
М34	0.5	11	5.5
М62	1	1	1
М64	0.2	5	1
М71	6	1	6

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни сарадник:

Минималан број М бодова	Остварено	
Укупно	16	77.5
$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42 \geq$	10	64
$M11+M12+M21+M22+M23+M24 \geq$	5	64

5. Закључак и предлог

Имајући у виду квалитет научног рада др Станка Николића и достигнути степен истраживачке зрелости и компетентности, задовољство нам је да предложимо Научном већу Института за физику да Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије предложи избор др Станка Николића у звање научни сарадник.

У Београду, 13.11.2014. године

Чланови комисије

1. др Бранислав Јеленковић
научни саветник, Институт за физику

2. др Александар Крмпот
научни сарадник, Институт за физику

3. Проф. др Милорад Кураица
редовни професор, Физички факултет
